

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-350163

(P2001-350163A)

(43) 公開日 平成13年12月21日 (2001. 12. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 F	1/17	G 0 2 F 1/17	2 H 0 4 2
C 0 9 K	3/00	C 0 9 K 3/00	E
G 0 2 B	1/04	G 0 2 B 1/04	
	1/06	1/06	
	5/00	5/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-167133(P2000-167133)

(22) 出願日 平成12年6月5日(2000. 6. 5)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 森山 正洋

神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 明石 量磁郎

神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外3名)

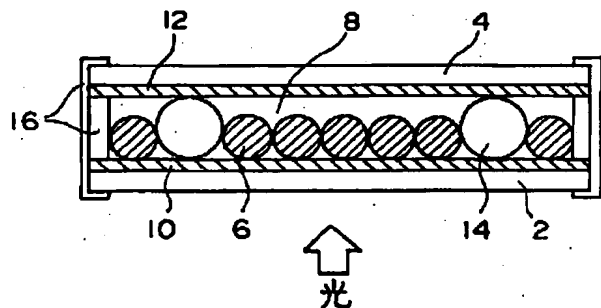
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 膨潤時の発色特性あるいは光散乱特性に優れ、良好なコントラスト比が得られる光学素子及びその製造方法の提供。

【解決手段】 少なくとも、一対の基板 2、4 と、刺激応答性高分子ゲル 6 と、該刺激応答性高分子ゲル 6 中に吸収可能な液体 8 とからなり、発色時あるいは光散乱時において、調光に寄与する基板 2 の有効面積に対する、該基板 2 上に一粒子層として固定化された総ての刺激応答性高分子ゲル 6 の該基板 2 上への正射影の面積の割合が、70%以上であることを特徴とする光学素子である。また、少なくとも、基板上に、刺激応答性高分子ゲルを固定化する工程と、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体を基板間に充填する工程とを有する光学素子の製造方法において、該刺激応答性高分子ゲルを発色時あるいは光散乱時の膨潤量よりも小さい膨潤量で前記基板上に固定化することを特徴とする光学素子の製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、一对の基板と、刺激応答性高分子ゲルと、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体とからなり、発色時あるいは光散乱時において、調光に寄与する基板の有効面積に対する、該基板上に一粒子層として固定化された総ての刺激応答性高分子ゲルの該基板上への正射影の面積の割合が、70%以上であることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 少なくとも、基板上に、刺激応答性高分子ゲルを固定化する工程と、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体を基板間に充填する工程とを有する光学素子の製造方法において、該刺激応答性高分子ゲルを発色時あるいは光散乱時の膨潤量よりも小さい膨潤量で前記基板上に固定化することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項3】 前記刺激応答性高分子ゲルを、発色時あるいは光散乱時における膨潤量よりも5~30重量%小さい膨潤量で前記基板上に固定化する請求項2に記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、外部刺激に応じて可逆的に光の透過率、光散乱性等を制御できる光学素子及びその製造方法に関する。詳しくは、記録及び表示用材料、光の透過量を制御する光学素子やセンサー、調光ガラス等の調光素子等に利用可能な光学素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、pH変化、イオン強度変化、化学物質の吸脱着、溶媒組成変化、あるいは熱、光、電気刺激等の付与によって可逆的に体積変化（膨潤・収縮）を起こす高分子ゲル材料（刺激応答性高分子ゲル）を利用して、光の透過量や散乱性を制御することで調光・発色を行う技術が知られている。

【0003】 例えば、色素を含まない光の透過量や散乱性を制御する技術としては、特開昭61-151621号公報及び特開昭62-925号公報等で、温度変化によって液体を吸脱する高分子ゲルの膨潤・収縮による溶媒との屈折率差を変化させることによる光散乱性を制御して表示を行う素子が提案されている。また、特開平4-134325号公報では、電気刺激によって液体を吸収・放出する高分子ゲルの光散乱性の変化によって表示を行う素子が、特公平7-95172号公報では、含有される導電性高分子のイオンドープ・脱ドープによるpH変化によって、高分子ゲルの光散乱性を変化させて表示を行う素子が、特開平5-188354号公報では、電場の作用で液体を吸収・放出する高分子ゲルの膨潤・収縮により、光を遮光・反射・散乱あるいは透過状態を制御して、白濁・透明の表示を行う素子が提案されている。

【0004】 一方、色素を含む発色状態を制御する技術としては、特開昭61-149926号公報では、電場の作用で液体を吸脱する高分子ゲルと顔料を液体中に分散した着色液体とを組み合わせた組成物からなる光学素子が提案され、高分子ゲルの形状の変化によって着色液体を移動させて表示を行う技術が開示されている。また、特開昭61-151625号公報及び特開昭62-927号公報等では、着色した高分子ゲルを用いてその膨潤時に光学濃度が低下し、高分子ゲルの収縮時には着色することをを用いた素子が提案されている。また、特開平4-274480号公報では、染料を結合した高分子ゲルを用いて、その体積変化によって光学濃度を変化させて表示を行う素子が提案されている。更には、特開平9-160081号公報では、顔料微粒子又は着色微粒子の表面に吸着させた高分子ゲルの形状変化を利用して、高分子ゲルの膨潤時にはほぼ白色表示とし、高分子ゲルの収縮時には顔料微粒子又は着色微粒子の色を表示することによって高分子ゲルの体積変化によって色相を変化させる素子が提案されている。

【0005】 また本発明者らは、コントラストの優れた発色材料として、特開平11-236559号公報において新規な発色材料の提案を行っている。この発色材料は、刺激の付与による液体の吸収・放出により膨潤・収縮する高分子ゲル中に、飽和吸収濃度以上の顔料を含有してなる組成物及び発色材料であり、該高分子ゲルが収縮した時には、顔料の局所的な凝集により光吸収効率が低下し組成物全体として光透過性となる。一方、前記高分子ゲルが膨潤した時には、顔料が組成物全体に拡散することで光吸収効率が向上し、該組成物は発色状態となる。

【0006】 また本発明者らは、特願平11-30666号明細書において、刺激の付与による液体の吸収・放出により膨潤・収縮する高分子ゲル中に、飽和散乱濃度以上の光散乱部材を含有してなる組成物及び調光材料に関する提案を行っている。この調光材料は、該高分子ゲルが収縮した時には、光散乱部材の局所的な凝集により光散乱効率が低下し組成物全体として光透過性となる。一方、前記高分子ゲルが膨潤した時には、光散乱部材が組成物全体に拡散することで光散乱効率が向上し、該組成物は白濁状態となる。

【0007】 また本発明者らは、特開2000-47267号公報において、飽和吸収濃度以上の顔料あるいは飽和散乱濃度以上の光散乱部材を、刺激の付与による液体の吸収・放出により膨潤・収縮する高分子ゲル中に含有し、該高分子ゲルが繊維質基材に固定されている組成物及び調光材料を提案している。このようにゲルを固定することは、膨潤・収縮の繰り返しによるゲルの凝集、即ち発色時の劣化を防止し、安定して初期のコントラストを得ることができる。

【0008】 しかしながら、上記の公報で提案されてい

る各種の調光、表示素子技術には、高分子ゲルが基板上にどのように配置され、どのように固定されているのかが具体的に開示されていない。そこで本発明者らが研究を重ねた結果、次のような問題があることがわかった。それは、高分子ゲルを基板上に固定化する時の状態によって、種々の問題を生じることである。一つは、外部刺激に応じて体積変化を行う高分子ゲルを、収縮状態において基板上に一粒子層として固定化した場合、膨潤時において生じる高分子ゲル同士の横方向への応力によって、高分子ゲルの被固定化材料との固定点が損傷し、該高分子ゲルが剥がれてしまい十分な発色濃度が得られなくなるという問題である。更には、前記高分子ゲルを、発色状態を形成する膨潤状態において基板上へ一粒子層で固定化した場合、高分子ゲルの間に生じる斥力、立体因子、膨潤溶液中の流動等により、高分子ゲルの間に隙間が生じ、高い占有率で固定化できず良好な発色特性が得られないという問題である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、前記従来における問題を解決し、以下の目的を達成することを課題とする。即ち、本発明は、膨潤・収縮を繰り返す刺激応答性高分子ゲルを用い、膨潤時の発色特性あるいは光散乱特性に優れ、良好なコントラスト比が得られる光学素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための手段は、以下の通りである。即ち、

<1> 少なくとも、一対の基板と、刺激応答性高分子ゲルと、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体とからなり、発色時あるいは光散乱時において、調光に寄与する基板の有効面積に対する、該基板上に一粒子層として固定化された総ての刺激応答性高分子ゲルの該基板上への正射影の面積の割合（以下、「占有率」と呼ぶことがある。）が、70%以上であることを特徴とする光学素子である。

<2> 少なくとも、基板上に、刺激応答性高分子ゲルを固定化する工程と、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体を基板間に充填する工程とを有する光学素子の製造方法において、該刺激応答性高分子ゲルを発色時あるいは光散乱時の膨潤量よりも小さい膨潤量で前記基板上に固定化することを特徴とする光学素子の製造方法である。

<3> 前記刺激応答性高分子ゲルを、発色時あるいは光散乱時における膨潤量よりも5〜30重量%小さい膨潤量で前記基板上に固定化する前記<2>に記載の光学素子の製造方法である。

【0011】更に、前記課題を解決するための手段は、以下の態様が好ましい。即ち、

<4> 前記刺激応答性高分子ゲル中に、色材又は光散乱部材を含有する前記<1>に記載の光学素子である。

<5> 前記刺激応答性高分子ゲルの収縮時に、飽和吸収濃度以上の色材を含有する前記<4>に記載の光学素子である。

<6> 前記刺激応答性高分子ゲルの収縮時に、飽和光散乱濃度以上の光散乱部材を含有する前記<4>に記載の光学素子である。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明について詳細に説明する。

【光学素子】本発明の光学素子は、少なくとも、一対の基板と、刺激応答性高分子ゲルと、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体とからなり、更に必要に応じて、刺激付与手段やスペーサ等のその他の部材を備えている。

【0013】まず、本発明の光学素子の構成について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の光学素子の一例を示す概略断面図である。図1に記載の光学素子は、平行に配置された、少なくとも一方が透明な2枚の基板2、4の間に、刺激応答性高分子ゲル6及び該刺激応答性高分子ゲル6中に吸収可能な液体8が充填されており、周囲は接着剤や紫外線硬化樹脂、熱硬化樹脂等の封止材16により刺激応答性高分子ゲル6や吸収可能な液体8が流出しないように封止処理されている。刺激応答性高分子ゲル6は、2枚の基板2、4のいずれか一方に、発色時あるいは光散乱時における占有率が70%以上となるように一粒子層で固定されている。また、2枚の基板2、4の向かい合う2つの面には、刺激付与手段10、12が設けられている。刺激付与手段は必須ではないが、少なくとも片面に、また必要に応じて両面に設けられていることが好ましい。刺激応答性高分子ゲル6は、刺激付与手段を具備した基板の表面に固定されていることが好ましい。

【0014】本発明の光学素子は、発色時あるいは光散乱時における膨潤状態の刺激応答性高分子ゲルの占有率、即ち、調光に寄与する基板の有効面積に対する、該基板上に一粒子層として固定化された総ての刺激応答性高分子ゲルの該基板上への正射影の面積の割合、が70%以上であることを特徴とする。尚、発色時あるいは光散乱時とは、本発明の光学素子に固定化された刺激応答性高分子ゲルが膨潤して発色又は光散乱した時をさす。

【0015】ここで、前記調光に寄与する基板の有効面積、及び前記刺激応答性高分子ゲルの基板上への正射影の面積について、図2を用いて説明する。図2は、本発明の光学素子の一例を示す概略平面図である。図2では、記載が省略されているが、実際には刺激応答性高分子ゲル6が、内側の四角内を隙間が少なくなるように密に配列されている。図2における斜線が付された各円は、それぞれ刺激応答性高分子ゲル粒子1個の正射影の面積を表し、斜線のない各円は、それぞれスペーサ1個の正射影の面積を表している。前記基板上に一粒子層と

して固定化された総ての刺激応答性高分子ゲルの該基板上への正射影の面積とは、図2における斜線が付された総ての円の面積の合計を意味する。また、前記調光に寄与する基板の有効面積とは、総ての刺激応答性高分子ゲルが配置された領域をカバーする基板の面積であり、別の言い方をすれば、最も外側に配置された刺激応答性高分子ゲルの正射影の円の接線を結んで形成された領域の面積であり、図2においては内側の四角形の面積を意味する。

【0016】本発明における前記占有率の測定方法は以下の通りである。まず、基板上に刺激応答性高分子ゲルを固定化したセルを顕微鏡にて所定の倍率で垂直方向から観察し、CCDカメラで撮影する。得られた画像をPC上で解析し、横軸が色の階調、縦軸が濃度を示すヒストグラムを求める。このヒストグラムから刺激応答性高分子ゲルと基板のしきい値を決定し、該刺激応答性高分子ゲル部分の面積を測定することにより、基板上の高分子ゲル占有率を求める。

【0017】本発明の発色・消色原理は、色材又は光散乱部材を含有した刺激応答性高分子ゲルの体積変化によるものである。従って、膨潤時と収縮時の該高分子ゲルの体積の比が大きいほど高いコントラストが得られることになる。また、個々の状態について考えれば、収縮時は刺激応答性高分子ゲルの収縮量が大きい、即ち収縮時の体積が小さいほど高い特性を示すことができる。一方、膨潤状態については、個々の刺激応答性高分子ゲルの膨潤量が大きいことだけでなく、光学素子全体として高い発色状態あるいは光散乱状態を得るために、基板上の刺激応答性高分子ゲルの占有面積を大きくすることが効果的である。

【0018】そこで、本発明の光学素子として有効な光学特性を得るためには、膨潤状態の刺激応答性高分子ゲルの占有率を70%以上とすることが必要であり、好ましくは、80%以上である。膨潤状態の刺激応答性高分子ゲルの占有率が70%未満になると、色材又は光散乱部材を含む刺激応答性高分子ゲルが存在しない領域を通過する光が多くなり、刺激応答性高分子ゲル自体の光学特性が十分に高くても、光学素子全体として高い発色状態あるいは光散乱状態を得ることができなくなる。従って、本発明の構成により、刺激応答性高分子ゲルに色材を含有させた場合には、膨潤時に各刺激応答性高分子ゲルの高い光吸収効率によって、本光学素子は高い光学濃度を得ることができる。また、刺激応答性高分子ゲルに光散乱部材を含有させた場合には、膨潤時の各刺激応答性高分子ゲルの高い光散乱効率によって、本光学素子は高い光散乱量を得ることができる。更に、刺激応答性高分子ゲルが収縮した時には、光吸収効率や光散乱効率が非常に小さくなるという各刺激応答性高分子ゲルの特性のため、膨潤・収縮で光学濃度や光散乱量において高いコントラストを実現することができる。

【0019】本発明に適用される刺激応答性高分子ゲルは基板表面に固定されているので、収縮時には該高分子ゲルの凝集を防ぎ、再膨潤時には再び基板表面を収縮前と同じ高い70%以上の占有率で覆うことができる。よって、このような素子構成から、本光学素子は繰り返し安定した光学濃度変化や光散乱量変化を得ることができる。

【0020】(刺激応答性高分子ゲル) 本発明の光学素子に使用可能な刺激応答性高分子ゲル中には、必要に応じて色材又は光散乱部材が含有されている。前記刺激応答性高分子ゲルとしては特に、本発明者らが発明した特開平11-236559号公報に開示されている発色材料と液体の組成物が好ましい。また、光散乱部材を含有した刺激応答性高分子ゲルとしては、特願平11-30666号明細書に開示されている飽和散乱濃度以上の光散乱材料と液体の組成物が好ましく用いられる。

【0021】本発明の光学素子に使用可能な刺激応答性高分子ゲルとしては、熱、光、電気、磁気等のエネルギー付与、pH変化、酸化・還元、イオン濃度変化、化学物質の吸脱着、溶媒組成変化等、各種刺激によって液体を吸収・放出し、可逆的に体積変化(膨潤・収縮)する刺激応答性高分子ゲルが好ましい。

【0022】具体的には、電極反応等によるpH変化によって刺激応答する高分子ゲルとしては、電解質系高分子ゲルが好ましく、ポリ(メタ)アクリル酸の架橋物やその塩；(メタ)アクリル酸と(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩；マレイン酸と(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩；ポリビニルスルホン酸の架橋物やその塩；ビニルスルホン酸と(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩；ポリビニルベンゼンスルホン酸の架橋物やその塩；ビニルベンゼンスルホン酸と(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩；ポリアクリルアミドアルキルスルホン酸の架橋物やその塩；アクリルアミドアルキルスルホン酸と(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩；ポリジメチルアミノプロピル(メタ)アクリルアミドの架橋物やその塩；ポリジメチルアミノプロピル(メタ)アクリルアミドと(メタ)アクリルアミド、ヒドロキシエチル(メタ)アクリレート、(メタ)アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物やその塩や4級化物；ポリジメチルアミノプロピル(メタ)アクリルアミドとポリビニルアルコールとの複合体の架橋物やその4

級化物；ポリビニルアルコールとポリ（メタ）アクリル酸との複合体の架橋物やその塩；カルボキシアシルセルロース塩の架橋物；ポリ（メタ）アクリロニトリルの架橋物の部分加水分解物やその塩等が挙げられる。

【0023】電界による界面活性剤等の化学物質の吸脱着によって刺激応答する高分子ゲルとしては、強イオン性高分子ゲルが好ましく、ポリビニルベンゼンスルホン酸の架橋物やビニルベンゼンスルホン酸と（メタ）アクリルアミド、ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、

（メタ）アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物；ポリアクリルアミドアルキルスルホン酸の架橋物やアクリルアミドアルキルスルホン酸と（メタ）アクリルアミド、ヒドロキシエチル（メタ）アクリレート、

（メタ）アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物等が挙げられる。これらは、 n -ドデシルピリジニウムクロライド等のアルキルピリジニウム塩、アルキルアンモニウム塩、フェニルアンモニウム塩、テトラフェニルホスホニウムクロライド等のホスホニウム塩等のカチオン性界面活性剤と組み合わせることで使用される。

【0024】電気による酸化・還元によって刺激応答する高分子ゲルとしては、カチオン性高分子ゲルが好ましく、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミド等のポリアミノ置換（メタ）アクリルアミドの架橋物；ポリジメチルアミノエチル（メタ）アクリレート；ポリジエチルアミノエチル（メタ）アクリレート；ポリジメチルアミノプロピル（メタ）アクリレート等のポリ（メタ）アクリル酸アミノ置換アルキルエステルの架橋物；ポリスチレンの架橋物；ポリビニルピリジンの架橋物；ポリビニルカルバゾールの架橋物；ポリジメチルアミノスチレンの架橋物等が挙げられる。これらは、電子受容性化合物と組み合わせてCT錯体（電荷移動錯体）として使用される。このとき好ましく用いられる電子受容性化合物としては、ベンゾキノン；7，7，8，8-テトラシアノキノジメタン（TCNQ）；過塩素酸テトラブチルアンモニウム；テトラシアノエチレン；クロラニル；トリニトロベンゼン；無水マレイン酸；ヨウ素等が挙げられる。

【0025】熱の付与によって刺激応答する高分子ゲルとしては、LCST（下限臨界溶液温度）をもつ高分子の架橋体や、互いに水素結合する二成分の高分子ゲルのIPN（相互侵入型網目構造体）等が好ましい。前者は高温において収縮する特性を有しており、具体的には、ポリN-イソプロピルアクリルアミド等のポリN-アルキル置換（メタ）アクリルアミドの架橋物；N-アルキル置換（メタ）アクリルアミドと（メタ）アクリル酸やその金属塩、（メタ）アクリルアミド、（メタ）アクリル酸アルキルエステル等との共重合体の架橋物；ポリビニルメチルエーテルの架橋物；メチルセルロース、エチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース等のアル

キル置換セルロース誘導体の架橋物等が挙げられる。

【0026】一方、後者は高温において膨潤する特性を有しており、具体的には、ポリ（メタ）アクリルアミドの架橋物とポリ（メタ）アクリル酸の架橋物からなるIPN体及びその部分中和物（アクリル酸単位を部分的に金属塩化したもの）、ポリ（メタ）アクリルアミドを主成分とする共重合体の架橋物とポリ（メタ）アクリル酸の架橋物からなるIPN体及びその部分中和物等が挙げられる。これらの化合物のうち、ポリN-アルキル置換アルキルアミドの架橋物や、ポリ（メタ）アクリルアミドの架橋物とポリ（メタ）アクリル酸の架橋物からなるIPN体及びその部分中和物等が好ましく用いられる。

【0027】光の付与によって刺激応答する高分子ゲルとしては、トリアリールメタン誘導体やスピロベンゾピラン誘導体等の、光によってイオン解離する分子構造を有する親水性高分子化合物の架橋物が好ましい。具体的には、ビニル置換トリアリールメタンロイコ誘導体と（メタ）アクリルアミドとの共重合体の架橋物等が挙げられる。

【0028】磁場の付与によって刺激応答する高分子ゲルとしては、強磁性体粒子や磁性流体を含有するポリビニルアルコールの架橋物等が挙げられるが、高分子ゲル自体は特に限定されるものではなく、高分子ゲルの範疇に含まれるものであればよい。溶液の組成変化やイオン強度の変化によって応答する高分子ゲルとしては、前記した電解質系高分子ゲルが好ましく適用できる。

【0029】本発明においては、各々の刺激応答性高分子ゲルを単独で使用する他、複数の高分子ゲルを併用しても差し支えない。尚、上記の括弧を用いた記述は、括弧内の接頭語を含まない化合物及び含む化合物の両方を示しており、例えば（メタ）アクリル酸という記述は、アクリル酸及びメタアクリル酸のことを意味するものである。本発明において使用される高分子ゲルの体積変化量は、少なくとも体積比が5以上、好ましくは10以上であることが望ましい。体積比が5未満であると十分な調光コントラストが得られない可能性がある。

【0030】前記刺激応答性高分子ゲルの形状には特に制限はなく、粒子状、ブロック状、フィルム状、不定形状、繊維状等の種々のものが使用可能である。なかでも、粒子状の形態は、各種刺激に対する体積変化の速度（応答性）が速いことや応用範囲が広い等の特徴から特に好ましい。粒子状における形態にも特に制限はないが、球体、楕円体、立方体、多面体、多孔質体、星状、針状、中空状等のものが適用できる。また、粒子の場合の好ましい大きさは、収縮状態時において平均粒子径で0.1 μm ～5 mmの範囲、より好ましくは1 μm ～1 mmの範囲である。平均粒子径が0.1 μm 未満であると、粒子の扱いが困難になる、優れた光学特性が得られない等の問題が生じる。一方、平均粒子径が5 mmよりも大きくなると、体積変化に要する応答時間が大幅に遅

くなってしまう等の問題が生じる。

【0031】また、これらの粒子は、高分子ゲルを物理的粉碎方法によって粉碎する方法や、架橋前的高分子ゲルを化学的粉碎方法によって粒子化した後に架橋して高分子ゲルとする方法、あるいは乳化重合法、懸濁重合法、分散重合法等の粒子化重合法の一般的な方法によって作製することができる。また、高分子ゲルの各種刺激応答による体積変化速度をより高速にするために、高分子ゲルの従来技術と同様に材料を多孔質化して液体の出入り易さを向上させることも好ましい。一般に膨潤した高分子ゲルを凍結乾燥する方法等で多孔質化することができる。

【0032】前記刺激応答性高分子ゲルは、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体の存在下において、前記したような刺激を与えることで体積を種々変化させることができる。例えば、熱応答性高分子ゲルの場合は、光、熱等の放射熱の付与によって、電気応答性高分子ゲルの場合は電極反応によるpH変化や電界によるイオン吸着や静電作用によって、光応答性高分子ゲルの場合は光の付与による内部構造変化によって液体を吸収、放出させることで体積を大きく変化させることができる。

【0033】（吸収可能な液体）前記刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体としては、特に制限はないが、好ましくは、水、電解質水溶液、アルコール類、ケトン類、エステル類、エーテル類、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシド、アセトニトリル、プロピレンカーボネート等や、キシレン、トルエン等の芳香族系溶媒及びそれらの混合物が使用できる。また、前記吸収可能な液体には、刺激応答性高分子ゲルに吸脱する界面活性剤、液体のpH変化を促進するためのピオロゲン誘導体等の酸化還元剤、酸、アルカリ、塩、及び界面活性剤等の分散安定剤、酸化防止剤や紫外線吸収剤等の安定剤等を添加しても構わない。

【0034】刺激応答性高分子ゲルを構成する高分子が架橋されていない場合、この高分子が溶解可能な液体も好ましく適用できる。前記刺激応答性高分子ゲルと吸収可能な液体との好ましい混合比は、1:2000から1:1（刺激応答性高分子ゲル：吸収可能な液体）である。

【0035】（色材）前記刺激応答性高分子ゲルに含有される色材としては、各種の顔料及び染料が適用できる。例えば、黒色顔料の各種カーボンブラック（チャネルブラック、ファーンズブラック等）や黒色染料のニグロシン系化合物、そしてカラー顔料、例えば、ベンジジン系のイエロー顔料、キナクリドン系、ローダミン系のマゼンタ顔料、フタロシアニン系のシアン顔料等を挙げることができる。より詳しくは、イエロー顔料としては、縮合アゾ化合物、イソインドリノン化合物、アントラキノン化合物、アゾ金属錯体、メチン化合物、アリルアミド化合物に代表される化合物が用いられる。具体的

には、例えば顔料としては、C. I. ピグメントイエロー12、13、14、15、17、62、74、83、93、94、95、109、110、111、128、129、147、168等が好適に用いられる。

【0036】マゼンタ顔料としては、縮合アゾ化合物、ジケトピロロピロール化合物、アントラキノン、キナクリドン化合物、塩基染料レーキ化合物、ナフトール化合物、ベンズイミダゾロン化合物、チオインジゴ化合物、ペリレン化合物が用いられる。具体的には、例えば顔料としては、C. I. ピグメントレッド2、3、5、6、7、23、48:2、48:3、48:4、57:1、81:1、144、146、166、169、177、184、185、202、206、220、221、254が特に好ましい。

【0037】シアン顔料としては、銅フタロシアニン化合物及びその誘導体、アントラキノン化合物、塩基染料レーキ化合物等が利用できる。具体的には、例えば顔料としては、C. I. ピグメントブルー1、7、15、15:1、15:2、15:3、15:4、60、62、66等が特に好適に利用できる。

【0038】また染料としては、例えば、C. I. ダイレクトイエロー1、8、11、12、24、26、27、28、33、39、44、50、58、85、86、87、88、89、98、157、C. I. アシッドイエロー1、3、7、11、17、19、23、25、29、38、44、79、127、144、245、C. I. ベイシックイエロー1、2、11、34、C. I. フードイエロー4、C. I. リアクティブイエロー37、C. I. ソルベントイエロー6、9、17、31、35、100、102、103、105、C. I. ダイレクトレッド1、2、4、9、11、13、17、20、23、24、28、31、33、37、39、44、46、62、63、75、79、80、81、83、84、89、95、99、113、197、201、218、220、224、225、226、227、228、229、230、231、C. I. アシッドレッド1、6、8、9、13、14、18、26、27、35、37、42、52、82、85、87、89、92、97、106、111、114、115、118、134、158、186、249、254、289、C. I. ベイシックレッド1、2、9、12、14、17、18、37、C. I. フードレッド14、C. I. リアクティブレッド23、180、C. I. ソルベントレッド5、16、17、18、19、22、23、143、145、146、149、150、151、157、158、

【0039】C. I. ダイレクトブルー1、2、6、15、22、25、41、71、76、78、86、87、90、98、163、165、199、202、C. I. アシッドブルー1、7、9、22、23、2

5、29、40、41、43、45、78、80、82、92、93、127、249、C. I. ベイシックブルー1、3、5、7、9、22、24、25、26、28、29、C. I. フードブルー2、C. I. ソルベントブルー22、63、78、83~86、191、194、195、104、C. I. ダイレクトブラック2、7、19、22、24、32、38、51、56、63、71、74、75、77、108、154、168、171、C. I. アシッドブラック1、2、7、24、26、29、31、44、48、50、52、94、C. I. ベイシックブラック2、8、C. I. フードブラック1、2、C. I. リアクティブブラック31、C. I. フードバイオレット2、C. I. ソルベントバイオレット31、33、37、C. I. ソルベントグリーン24、25、C. I. ソルベントブラウン3、9等が挙げられる。これらの顔料及び染料は、単独で使用してもよく、さもなければ所望とする色を得るために混合して使用してもよい。但し、耐候性の観点からは染料よりも顔料を用いるほうが好ましい。

【0040】(光散乱部材) 前記刺激応答性高分子ゲルに含有される光散乱部材としては、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体の屈折率と異なる屈折率を有する材料が好ましいが、それ以外には特に制限はなく、各種の無機化合物及び有機化合物が適用できる。

【0041】前記無機化合物の具体例としては、酸化亜鉛、塩基性炭酸鉛、塩基性硫酸鉛、硫酸鉛、リトボン、白雲母、硫化亜鉛、酸化チタン、酸化アンチモン、鉛白、酸化ジルコニウム、アルミナ、マイカナイト、マイカレックス、石英、炭酸カルシウム、石膏、クレイ、シリカ、ケイ酸、珪素土、タルク、塩基性炭酸マグネシウム、アルミナホワイト、グロスホワイト、サチン白等の無機酸化物や、亜鉛、アルメル、アンチモン、アルミニウム、アルミニウム合金、イリジウム、インジウム、オスミウム、クロム、クロメル、コバルト、ジルコニウム、ステンレス鋼、金、銀、洋銀、銅、青銅、すず、タングステン、タングステン鋼、鉄、鉛、ニッケル、ニッケル合金、ニッケリン、白金、白金ロジウム、タンタル、ジュラルミン、ニクロム、チタン、クルップ・オーステナイト鋼、コンスタンタン、真鍮、白金イリジウム、パラジウム、パラジウム合金、モリブデン、モリブデン鋼、マンガン、マンガン合金、ロジウム、ロジウム金等の金属材料、ITO (インジウム・スズ酸化物) 等の無機導電性材料等が挙げられる。

【0042】また、前記有機化合物の具体例としては、フェノール樹脂、フuran樹脂、キシレン・ホルムアルデヒド樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、アニリン樹脂、アルキド樹脂、不飽和ポリエステル、エポキシ樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ-p-キシレン、ポリ酢酸ビニル、アクリル樹脂、メタクリル樹脂、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、フッ

素系プラスチック、ポリアクリロニトリル、ポリビニルエーテル、ポリビニルケトン、ポリエーテル、ポリカーボネート、熱可塑性ポリエステル、ポリアミド、ジエン系プラスチック、ポリウレタン系プラスチック、ポリフェニレン、ポリフェニレンオキシド、ポリスルホン、芳香族ヘテロ環ポリマー、シリコン、天然ゴム系プラスチック、セルロース系プラスチック等やこれら2種類以上の高分子材料の混合材料(ポリマーブレンド)等の高分子材料が挙げられる。

【0043】更に、上記に列挙した光散乱性材料を含有した高分子材料を、光散乱部材として適用できる。この高分子材料としては特に制限がなく、各種の高分子樹脂を使用することができる。好ましい高分子樹脂の具体例としては、光散乱性材料が有機化合物である場合に列挙された具体例が挙げられる。

【0044】また、上記の色材としての顔料及び光散乱部材の形状には特に制限はなく、粒子状、ブロック状、フィルム状、不定形状、繊維状等の種々のものが使用可能である。なかでも、粒子状の形態は発色性・光散乱性が高いことや応用範囲が広い等の特徴から特に好ましい。粒子状における形態にも特に制限はないが、球体、立方体、楕円体、多面体、多孔質体、星状、針状、中空状、りん片状等のものが適用できる。また、粒子の場合の好ましい大きさは、平均粒子径で0.01~500 μ mの範囲、より好ましくは0.05~100 μ mの範囲である。これは、平均粒子径で0.01 μ m未満あるいは500 μ mを超えると、顔料及び光散乱部材に求められる発色効果及び光散乱効果が低くなるためである。更に、平均粒子径0.01 μ m未満では、高分子ゲル内部からの外部への流出が起こりやすい。また、これらの粒子は、一般的な物理的粉碎方法や化学的粉碎方法によって製造することができる。

【0045】また、これらの顔料及び光散乱部材において、分子内にカルボキシル基やスルホン酸基等の酸基、水酸基、アミノ基、チオール基、ハロゲン基、ニトロ基、カルボニル基等の極性基をもち、高分子ゲル内において顔料又は光散乱部材の濃度が高い場合に凝集体を形成し易い特性のものも好ましく使用される。顔料又は光散乱部材は刺激応答性高分子ゲル中に含有され、高分子ゲル内部から外部へ流出しないことが好ましい。顔料又は光散乱部材の流出を防止するためには、使用する高分子ゲルの網目よりも大きな粒子径の顔料又は光散乱部材を用いること、あるいは高分子ゲルとの電気的、イオンの、その他物理的な相互作用が高い顔料又は光散乱部材を用いること、表面を化学修飾した顔料又は光散乱部材を用いること、が挙げられる。表面を化学修飾した色材又は光散乱部材としては、例えば、表面に刺激応答性高分子ゲルと化学結合する基を導入したものや、高分子材料をグラフトした顔料又は光散乱部材等が挙げられる。

【0046】また、色材として染料を選択した場合に

は、特に光吸収係数の高いものが好ましい。また、刺激
応答性高分子ゲル中に含有され、該高分子ゲルから流出
しないことが好ましいため、高分子ゲルと化学結合する
基が導入されている反応染料等が特に好ましく適用され
る。刺激応答性高分子ゲル中に含有される色材の濃度
は、該高分子ゲルが収縮した時に、少なくとも高分子ゲ
ルの一部分で飽和吸収濃度以上の濃度に達することが好
ましい。ここで、飽和吸収濃度以上とは、色材濃度が十分
に濃い状態において、単位色材当たりの光吸収効率が
低下する濃度である。また、飽和吸収濃度以上という定
義を別な特性で表現すれば、特定の光路長のもとにおけ
る色材濃度と光吸収量の関係が1次直線の関係から大き
く外れるような色材濃度である。つまり色材濃度が飽和
吸収濃度以上になると、色材の1粒子又は1分子あたり
の光吸収効率が下がることで、光吸収量が色材濃度に比
例しなくなり、1次直線の関係から予想される光吸収量
と比べて低くなる。一方、飽和吸収濃度以下では、光吸
収量が色材濃度に比例しており、色材1粒子又は1分子
あたりの光吸収効率は殆ど一定になる。従って、飽和吸
収濃度以上に色材を刺激応答性高分子ゲル中に含有させ
た場合、膨潤時に光を効率よく吸収することができ、収
縮時と比べて光吸収量を大きくすることができる。

【0047】刺激応答性高分子ゲルが収縮した時に、色
材を飽和吸収濃度以上になるように含有させる場合、こ
の高分子ゲルが膨潤すると、色材濃度が下がり色材1粒
子又は1分子あたりの光吸収効率を上げることができ
る。その結果、膨潤時に光吸収量を大きく上げ、収縮時
に光吸収量を大きく下げることができる。一方、含有さ
せる色材の濃度を飽和吸収濃度以下にすると、膨潤時の
色材1粒子あたりの光吸収効率は収縮時とほとんど同程
度となる。その結果、膨潤時に光吸収量を大きく上げ、
収縮時に光吸収量を大きく下げることができなくなる。
以上のことから、飽和吸収濃度とは膨潤・収縮による光
吸収量変化を大きくするために必要な濃度であり、色材
濃度を飽和吸収濃度以上に設定することで表示コントラ
ストを高くすることができる。

【0048】このような特性を有するために必要な刺激
応答性高分子ゲルに含有させる色材の濃度は、色材の粒
子径、屈折率、吸光係数や比重等にも依存するが、一般
的には乾燥状態の刺激応答性高分子ゲルに色材を3～9
5重量%の範囲で含有させることが好ましく、より好ま
しくは5～80重量%の範囲である。色材の含有量が3
重量%未満であると、刺激応答性高分子ゲルの体積変化
による発色量変化が現れなくなり、更に十分な調光コン
トラストを得るためには、光学素子の厚みが厚くなる等
の問題が生じることがある。一方、色材の濃度が95重
量%を超える場合、刺激応答性高分子ゲルの膨潤・収縮
が応答よく進行しにくくなり、光学素子の刺激応答特性
や体積変化量が低下してしまうことがある。

【0049】また、刺激応答性高分子ゲル中に含有され

る光散乱部材の濃度も、色材の濃度と類似した議論の
もとに、該高分子ゲルが収縮した時に、少なくとも高分子
ゲルの一部分で飽和散乱濃度以上の濃度に達することが
好ましい。ここで、飽和散乱濃度以上とは、ひとつの指
標として各々の光散乱部材同士の平均間隔が十分に短く
なることで、光散乱部材の光散乱の働きが1次粒子的な
ものから、集合体的なものに変化し、光散乱の効率が減
少する濃度である。このような光散乱部材が集合体的な
光散乱特性を示す状態を、光散乱部材の濃度が飽和散乱
濃度以上にある状態と呼ぶ。また、飽和散乱濃度以上と
いう定義を別な特性で表現すれば、特定の光路長のもと
における光散乱部材濃度と光散乱量の関係が1次直線の
関係から大きく外れるような光散乱部材濃度である。

【0050】刺激応答性高分子ゲルの収縮状態でのよう
な飽和散乱濃度以上の状態を達成するためには、光散
乱部材の粒子径、屈折率、導電率や比重等にも依存する
が、一般的には乾燥状態の刺激応答性高分子ゲルに光散
乱部材を2～95重量%の範囲で含有させることが好ま
しく、より好ましくは5～95重量%の範囲である。光
散乱部材の含有量が2重量%未満であると、刺激応答性
高分子ゲルの体積変化による光散乱量変化が現れなくな
り、更に十分なコントラストを得るためには、光学素子
の厚みが厚くなる等の問題が生じることがある。一方、
光散乱部材の含有量が95重量%を超える場合、刺激応
答性高分子ゲルの膨潤・収縮が応答よく進行しにくくな
り、光学素子の刺激応答特性や体積変化量が低下してし
まうことがある。

【0051】前記刺激応答性高分子ゲルに色材又は光散
乱部材を含有させる方法は、架橋前的高分子に色材又は
光散乱部材を均一に分散、混合した後に架橋する方法
や、重合時に高分子前駆体組成物に色材又は光散乱部材
を添加して重合する方法等が適用できる。重合時に
おいて色材又は光散乱部材を添加する場合には、前記した
ように重合性基や不対電子（ラジカル）をもつ色材又は光
散乱部材を使用し、化学結合することも好ましい。ま
た、色材及び光散乱部材は刺激応答性高分子ゲル中に極
力均一に分散されていることが好ましい。特に、高分子
への分散に際して、機械的混練法、攪拌法、あるいは分
散剤等を利用して均一に分散させることが好ましい。

【0052】（基板）前記刺激応答性ゲルや吸収可能な
液体を挟持する基板としては、ポリエステル、ポリイミ
ド、ポリオレフィン、ポリ（メタ）アクリル酸メチル等
のアクリル樹脂、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリ
エチレン、ナイロン、ポリ塩化ビニル等のフィルムや板
状基板、ガラス基板、金属、セラミックス等が使用可能
である。前記基板の厚みは10 μ m～2mmが好ましい
が、この大きさは目的によって種々選択可能で、特に限
定はされない。

【0053】（その他の部材）

—刺激付与手段—

本発明に用いる刺激付与手段は、内部に充填する刺激応答性高分子ゲルに適した刺激を付与し得るものが選ばれる。従って、例えば電気応答性高分子ゲルを用いる場合は電極が具備されており、熱応答性高分子ゲルを用いる場合は発熱抵抗体が具備されている。本発明において好ましく用いられる刺激付与手段は、主に電気刺激を付与するための電極である。電極の構成は、単純マトリクス電極型あるいは画素別分割電極型のいずれも適用できる。

【0054】具体的には、電気刺激を付与する場合は、銅、アルミニウム、銀、金、ニッケル、プラチナ等に代表される金属膜からなる電極、酸化スズ-酸化インジウム(ITO)に代表される金属酸化物、ポリピロール類、ポリチオフェン類、ポリアニリン類、ポリフェニレンビニレン類、ポリアセン類、ポリアセチレン類等に代表される導電性高分子からなる電極、高分子と前述の金属や金属酸化物の粒子との複合材料からなる電極等が好ましく用いられる。またこれらの電極構成は、単純マトリクス駆動用に配線されていてもよいが、薄膜トランジスタ(TFT)素子あるいは、MIM素子やバリスタ等の二端子素子等のスイッチング素子を設けることもできる。

【0055】また、刺激として熱を付与する場合には、前記電極とNi-Cr化合物等に代表される金属、酸化タンタルやITO等の金属酸化物、あるいはカーボン等の発熱抵抗体を組み合わせたものが好ましく用いられる。尚、上記以外にも、刺激付与手段として光や磁界、電磁場等を付与する層を設けることもできる。

【0056】-封止材-

封止材としては、調光材料からの溶媒の蒸発又は揮発を抑制する能力を有し、基板に対する接着性を有し、調光材料の特性に悪影響を与えず、実使用条件においてこれらの条件を長期間満たすものであれば、どのような材料を用いてもよい。また複数の封止材を組み合わせることも可能である。

【0057】封止材及び封止方法は、カラー表示素子の開口部面積の確保、工程簡略化による加工コスト等を考慮すると、1層の封止が好ましい。1層で封止を行うときの封止材として、末端に反応基を有するイソブチレンオリゴマーを主体とした熱硬化型弾性シーリング材や、アクリル系紫外線硬化樹脂等の使用が例示できる。また、2層で封止するときには、調光材料と接触する1次封止にポリイソブチレン系シーラント等、2次封止としてアクリル樹脂等が例示できる。本発明における封止材及び封止方法は上記例示に限定されるものではなく、多種多様なものが選択でき、かつ、それらを組み合わせ使用してもよい。

【0058】-スペーサ-

本発明の光学素子の内部は、刺激応答性高分子ゲルや該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体を挾持するた

めに十分に均一な間隙が確保されていればよく、必要に応じて画像欠陥が生じないようにできるだけ少ない量のスペーサを使用すればよい。スペーサによる基板間の間隔は1 μ m~5mmから選択され、小型光学素子においては10 μ m~200 μ mの範囲がより好ましい。厚みが1 μ mよりも小さいと調光量が小さくなり、5mmを超えると素子が重くなる等の問題がある。この時、スペーサの形状は安定して間隙を維持できるものであれば特に限定されないが、スペーサは、例えば球、立方体、柱状のもの等の独立した形状のものが好ましく用いられる。また、連続した形状を有するスペーサを使用することもできる。この場合スペーサは、間隙を保持すると同時に、網目状にすることで調光層の内部をセグメント化する働きを持たせてもよい。そうすることにより、隣接画素の誤動作を抑制する効果が得られ、より表示画質が向上する。スペーサの連続した形状は、安定して間隙を維持できるものであれば特に限定されず、主に格子状、ハニカム状等の多角形を始めとして、様々な形状を適用することができる。尚、光学素子の内部をセグメント化する働きを持たせる場合、画素の形状や刺激付与手段の形状を考慮すると、中でも格子状が最も好ましい。これらのスペーサは、刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体に安定な材料であれば特に限定されず、例えば、樹脂、金属、金属酸化物、ガラス等が適用できる。

【0059】[光学素子の製造方法] 本発明の光学素子の製造方法は、少なくとも、基板上に、刺激応答性高分子ゲルを固定化する工程と、該刺激応答性高分子ゲル中に吸収可能な液体を基板間に充填する工程とを有し、該刺激応答性高分子ゲルを発色時あるいは光散乱時の膨潤量よりも小さい膨潤量で前記基板上に固定化することを特徴とする。本発明の光学素子の製造方法によれば、上記構成の本発明の光学素子を好適に製造することができる。即ち、本発明の光学素子の製造方法によれば、発色時あるいは光散乱時における刺激応答性高分子ゲルの占有率が70%以上となるように、該刺激応答性高分子ゲルを基板上に一粒子層として好適に固定化することができる。一粒子層とするためには、基板と刺激応答性高分子ゲルとを化学的に結合させた後、溶媒で不要の刺激応答性高分子ゲルを洗い落とすことにより、好ましく達成することができる。

【0060】本発明においては、前述した刺激応答性高分子ゲルを、発色時あるいは光散乱時における膨潤量よりも5~30重量%小さい膨潤量で前述した基板上に固定化することが好ましい。この膨潤量の変化量が、5重量%未満では、発色時あるいは光散乱時における膨潤状態の刺激応答性高分子ゲルの占有率が70%以上とすることが困難となることがあり、一方、30重量%を超えると、膨潤時に隣接する刺激応答性高分子ゲル同士の横方向の応力が大きく、固定部位に損傷をきたして該高分子ゲルが剥がれてしまう恐れがあるためである。

【0061】発色時あるいは光散乱時における刺激応答性高分子ゲルの膨潤量、及び基板上に固定化する際の刺激応答性高分子ゲルの膨潤量は、それぞれ、以下の式によって求めることができる。

$$\text{膨潤量} = (W_{\text{sw}} - W_d) / W_d$$

ここで、 W_{sw} は、刺激応答性高分子ゲルの膨潤時（発色時あるいは光散乱時、又は基板上に固定化する際）の重量を表し、 W_d は、乾燥時の重量を表す。刺激応答性高分子ゲルの膨潤時の重量 W_{sw} は、一定量の乾燥ゲル（重量 W_d ）を、イオン濃度、pH、溶媒組成、温度等を変化させた溶液に浸して、定常状態になった時の重量を測定することによって得ることができる。従って、基板上に固定化する際の刺激応答性高分子ゲルの膨潤量を、発色時あるいは光散乱時における刺激応答性高分子ゲルの膨潤量よりも、5～30重量%小さくなるように制御した後、該刺激応答性高分子ゲルを基板上に固定化することが好ましい。

【0062】このような固定化時の膨潤量を制御するためには、固定化時の溶液等のイオン濃度、pH、溶媒組成、温度、電場等を変化させることで達成できる。例えばイオン性高分子ゲルは、一般的にpH、塩濃度や溶液組成によりその膨潤量を調整することができる。従って、光学素子として利用される場合の発色時あるいは光散乱時における膨潤量よりも5～30重量%少ない膨潤量は、pHや塩濃度、溶液組成を適切な条件に設定することにより得ることができる。

【0063】pH変化によって刺激応答する高分子ゲルでは、pH3以上7未満の溶液中、また、塩濃度の変化によって膨潤・収縮する高分子ゲルでは、塩濃度が $10^{-7} \sim 5 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ の溶液中で膨潤量を調整することが好ましい。他にも、熱の付与によって刺激応答する高分子ゲルでは、例えば低温において膨潤する特性を有する高分子ゲルでは、飽和膨潤状態に達する温度よりも2～10℃程度高い温度に設定する、また、高温において膨潤する特性を有する高分子ゲルでは、飽和膨潤状態に達する温度よりも2～10℃程度低い温度に設定することにより、適切な膨潤状態を得ることができる。

【0064】例えば末端にカルボキシル基やスルホン基等のイオン性官能基を有するイオン性高分子ゲル等では、特にpH3以上7未満の溶液中あるいは塩濃度が $10^{-7} \sim 5 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ の溶液中で行うことが好ましい。しかしながら、溶液のpHが3未満あるいは塩濃度が $5 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ を超えると、刺激応答性高分子ゲルが収縮しすぎて、所望の膨潤状態を得ることができない。一方、溶液のpHが7以上の場合、所望の膨潤状態が得られるpHの範囲が狭く、即ちpH変化に依存する膨潤量変化が急峻であり、安定した製造が困難である。また、塩濃度が 10^{-7} mol/l 未満であると、ほとんど膨潤できないために所望の膨潤状態を得ることができない。

【0065】pHや塩濃度の調整は、塩酸、硫酸、硫酸水素ナトリウム、硫酸水素カリウム、リン酸、リン酸二水素ナトリウム、リン酸二水素カリウム、リン酸水素二ナトリウム、リン酸水素二カリウム、炭酸水素ナトリウム、炭酸水素カリウム、塩化ナトリウム、塩化カリウム、硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、リン酸ナトリウム、リン酸カリウム等を添加することにより行うことができる。溶媒種（組成）によって膨潤量を制御することも可能で、水、電解質水溶液、アルコール類、ケトン類、エステル類、エーテル類、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシド、アセトニトリル、プロピレンカーボネート等や、キシレン、トルエン等の芳香族系溶媒及びそれらの混合物等が使用可能である。これらの混合比率を、適宜調節することにより、所望の膨潤量を得ることができる。

【0066】本発明に用いる刺激応答性高分子ゲルの基板上への固定化は、刺激応答性高分子ゲルが所望の膨潤状態において行われ、化学結合等の化学的固定化が好ましく適用される。この化学結合は、イオン結合、水素結合、共有結合等各種考えられるが、その中でも安定性の面から共有結合が最も好ましく、各種固定化剤を用いた反応により行う。

【0067】本発明に用いる高分子ゲル固定化剤は、重合性不飽和基、反応性官能基等を2個以上有する化合物を挙げることができる。上記重合性不飽和基を2個以上有する化合物としては、エチレングリコール、プロピレングリコール、トリメチロールプロパン、グリセリンポリオキシエチレングリコール、ポリオキシプロピレングリコール、ポリグリセリン等のポリオール類のジ又はトリ（メタ）アクリル酸エステル類、前記ポリオール類とマレイン酸、フマル酸等の不飽和酸類とを反応させて得られる不飽和ポリエステル類、N, N'-メチレンビス（メタ）アクリルアミド等のビス（メタ）アクリルアミド類、トリレンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート等のポリイソシアネートと（メタ）アクリル酸ヒドロキシエチルとを反応させて得られるジ（メタ）アクリル酸カルバミン酸エステル類、アリル化澱粉、アリル化セルロース、ジアリルフタレート、その他のテトラアリロキシエタン、ペンタンエリスリトールトリアリルエーテル、トリメチロールプロパントリアリルエーテル、ジエチレングリコールジアリルエーテル、トリアリルトリメチルエーテル等の多価アリル系を挙げることができる。これらの中でも本発明には、エチレングリコールジ（メタ）アクリレート、プロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、ポリエチレングリコールジ（メタ）アクリレート、ポリプロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、N, N'-メチレンビス（メタ）アクリルアミド等が好ましく使用される。

【0068】また、反応性官能基を2個以上有する化合物としては、ジグリシジルエーテル化合物、ハロエポキ

シ化合物、ジ及びトリイソシアネート化合物等を挙げることができる。ジグリシジルエーテル化合物の具体例としては、エチレングリコールジグリシジルエーテル、ポリエチレングリコールジグリシジルエーテル、プロピレングリコールジグリシジルエーテル、ポリプロピレングリコールジグリシジルエーテル、グリセリンジグリシジルエーテル、ポリグリセリンジグリシジルエーテル等を挙げることができる。その他、ハロエポキシ化合物の具体例としては、エピクロロヒドリン、エビプロモヒドリン、 β -メチルエピクロロヒドリン等を挙げることができる。また、ジイソシアネート化合物の具体例としては、2, 4-トリレンジイソシアネート、ヘキサメレンジイソシアネート等を挙げることができる。

【0069】また、ビニルトリメトキシシラン、ビニルトリエトキシシラン等のビニル系シランカップリング剤、N-(2-アミノエチル) 3-アミノプロピルメチルジメトキシシラン、N-(2-アミノエチル) 3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン等のアミノ系シランカップリング剤、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、3-グリシドキシプロピルメチルジメトキシシラン、2-(3, 4-エポキシシクロヘキシル) エチルトリメトキシシラン等のエポキシ系シランカップリング剤等、各種反応性シランカップリング剤等も適用できる。これらの中でも本発明には、特にN-(2-アミノエチル) 3-アミノプロピルメチルジメトキシシラン、N-(2-アミノエチル) 3-アミノプロピルトリメトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン等のアミノ系シランカップリング剤が好ましく使用される。

【0070】上記の高分子ゲル固定化剤は、水もしくは有機溶媒、又はその混合溶液に溶解し、通常0.01~10重量%、より好ましくは0.1~5重量%として使用する。ここで有機溶媒としては、メタノール、エタノール、IPA、トルエン、ベンゼン、アセトン、THF、メチルセロソルブ等が使用可能である。固定化剤の使用量が0.01重量%未満であると、十分に刺激応答性高分子ゲルを固定化できない一方、10重量%を超えると、被固定化基板表面に均一な薄い固定化剤を形成できなくなり、刺激応答性高分子ゲルの固定化が強すぎたり、不均一になったりして、所望の光学特性が得られなくなる等の問題が生じることがある。

【0071】次に、刺激応答性高分子ゲルの固定化処理は、最初に固定化剤の水溶液中に基板を浸漬し、1分~10時間程度常温で反応させるか、基板を浸漬した後引き出し常温あるいは高温で1分~10時間程度反応させることにより、基板表面への反応性官能基の導入が行われる。その後、基板側に導入された官能基に対して、刺激応答性高分子ゲルの分子構造中に存在する官能基を反応させ固定化処理を完了する。この時、刺激応答性高分子ゲル中の官能基は、必要に応じて反応活性を高めるた

めに処理を行ってもよい。具体的には、例えば酸触媒の添加やカルボジイミド水溶液の添加等の処理が挙げられる。

【0072】

【実施例】以下に、本発明の実施例を説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

(実施例1) 光散乱部材を含有した刺激応答性高分子ゲルを以下のように作製した。N-イソプロピルアクリルアミド10g、架橋剤としてN, N'-メチレンビスアクリルアミド0.02g、及び固定化に用いる水酸基の導入のために2-ヒドロキシエチルアクリレート0.2gを蒸留水50gに溶解させ、光散乱部材として一次粒子の平均粒子径が3 μ mのステンレス粉(屈折率0.8)10gを攪拌調合した水溶液を調製した。上記の水溶液をフラスコ中に入れ、窒素置換により酸素を除いた後、重合開始剤である過硫酸アンモニウム0.04gを添加後、60℃に加熱して10時間、重合を行った。

【0073】重合終了後、生成した高分子ゲル塊をホモジナイザーで粉砕し、大量の蒸留水中に投入し、これをろ過する操作を繰り返すことで精製を行った。その後、大量のアセトンを用いて脱水し、更にシクロヘキサンで溶媒置換した後、乾燥させた。得られた高分子ゲル粒子の乾燥時の粒子径は、約70 μ mであった。この乾燥高分子ゲル粒子を大量の蒸留水に加えて膨潤させ、温度25℃における平衡膨潤時の吸水量を測定したところ、約50g/gであった。そして、これらの高分子ゲル粒子の水膨潤物を50℃に加熱すると収縮し、約3g/gの吸水量を示すことがわかった。つまり、相転移点よりも高温では収縮し、低温側では膨潤することを確認した。この変化は可逆的であり、膨潤・収縮によって粒径は2.6倍、即ち体積で約17倍の変化が得られた。以上により、温度変化で膨潤・収縮を行う刺激応答性高分子ゲルを作製した。

【0074】上記の高分子ゲル粒子3.0gを、蒸留水200gに加えて膨潤させた。これを28℃に加熱すると、高分子ゲルは収縮し、この時の吸水量は約40g/gであり、光散乱時の膨潤量の約20重量%小さい膨潤量であった。この分散溶液をテフロン製バットに入れ、攪拌しながらテトラメチルアンモニウムクロライド0.02gを添加した。

【0075】高分子ゲル粒子の固定化のための基板の処理は、10×10cmのスライドガラス(松浪硝子工業: #0200)をアセトンとイソプロピルアルコールでそれぞれ30分間の超音波洗浄後、酢酸を用いてpH5に調節したエタノール95%水溶液200mlに γ -グリシドキシプロピルトリメトキシシラン4mlを攪拌下に加え調製した溶液中に、30分間浸漬させた。取り出した基板をメタノールで洗浄後、150℃のオープン中にて1時間放置し、シラン層を硬化させた。シランカップリング処理した基板の上に、前記高分子ゲル粒子分散

溶液を均一に塗布した後、約10時間静置して固定化した。

【0076】次に、数個の300 μ mのスペーサをスライドガラス上の高分子ゲル間に配置し、もう1枚のスライドガラスでこの試料を挟持しセルとした。セル内部には蒸留水を充填した。この時、高分子ゲル粒子同士の応力等による高分子ゲル粒子の離脱・流動は見られず、安定に固定化できていた。このセルを顕微鏡にて550倍の倍率で垂直方向から観察し、CCDカメラで撮影した。得られた画像をPC上で解析し、横軸が色の階調、縦軸が濃度を示すヒストグラムを求めた。ヒストグラムから高分子ゲルとスライドガラスのしきい値を決定し、高分子ゲル部分の面積を測定したところ、基板上の高分子ゲル占有率は約85%であった。透過率は約10%以下の不透明な状態であり、高い光散乱効率を示していた。また、高分子ゲル粒子が固定化されているセルを50℃に加熱すると、高分子ゲル粒子が収縮し、透過率は80%まで増加した。温度変化による膨潤・収縮変化は可逆的であり、100回程度繰り返しても、高分子ゲルが剥がれ落ちるようなことはなかった。

【0077】(実施例2) 顔料を含有した刺激応答性高分子ゲルを以下のように逆相懸濁重合によって作製した。主モノマーとしてアクリル酸2.0gをビーカーにとり、冷却して攪拌しつつ25重量%の水酸化ナトリウム水溶液33gを滴下して約74%の中和を行った後、過硫酸アンモニウム0.1gを2gの純水に溶解した溶液と、ゲル着色用の顔料としてフタロシアニン系青色顔料1.0gと、架橋剤であるメチレンビスアクリルアミド0.1gとを加え、十分に攪拌してエマルゲン909(花王(株)製)1gを添加し、均一な溶液を調製した。得られた溶液を、ビーカー中でシクロヘキサン500gに分散安定剤であるソルビトール系界面活性剤(第一工業製薬製:ソルゲン50)5.0gを溶解して窒素置換した溶液に添加し、回転式攪拌羽根を用いて10000回転で10分間高速攪拌して乳化させた。

【0078】次に、反応系の温度を25℃に調節し、溶液を攪拌しながらN,N,N',N'-テトラメチルエチレンジアミンの50%シクロヘキサン溶液を添加し、重合を行った。重合後、生成した着色高分子ゲル粒子を回収し、水酸化ナトリウム水溶液で中和反応を行った後に、純水で繰り返し洗浄を行いアセトンで脱水した後、乾燥させた。得られた粒子を分級して、平均粒径が約4 μ mの刺激応答性高分子ゲル粒子を得た。また、この着色高分子ゲル粒子の純水吸水量は約200g/gであり、pH変化によって可逆的に膨潤・収縮させることができた。得られた乾燥高分子ゲル粒子3.0gを200gの蒸留水にて膨潤させた後、微量の塩酸を添加しpH5に調節した。この時の、高分子ゲル粒子の吸水量は約160g/gであり、発色時の膨潤量の約20重量%小さい膨潤量であった。その後、1-エチル-3-[3-

(ジメチルアミノ)プロピル]カルボジイミド・塩酸塩(EDC \cdot HCl)0.1gを、溶液中に攪拌しながら添加し、高分子ゲル粒子分散溶液とした。

【0079】次に、刺激応答性高分子ゲル粒子を固定するための基板の処理を示す。ITO(インジウムスズ酸化物)電極付きガラス板(10 \times 10cm)をアセトンとイソプロピルアルコールでそれぞれ30分間の超音波洗浄後、エタノール95%水溶液200mlに γ -アミノプロピルトリエトキシシラン4mlを攪拌下に加え調製した溶液中に、30分間浸漬させた。取り出した基板をメタノールで軽く洗浄後、150℃のオーブン中にて1時間放置し、シラン層を硬化させた。シランカップリング処理した基板上に、前記高分子ゲル粒子分散溶液を均一に塗布した後、約10時間静置して固定化した。得られた高分子ゲル粒子固定化基板は、pH7の純水中において高分子ゲルが膨潤状態にあるが、応力等による高分子ゲル粒子の離脱はみられず、安定に固定化できていた。

【0080】次に、数個の200 μ mのスペーサをITOガラス上の高分子ゲル間に配置し間隔を設けて、もう1枚のITOガラスを用い、この試料を挟持しセルとした。セル内部には0.001mol/lの塩化ナトリウム水溶液を充填した。この状態では、セル内部の顔料は高分子ゲル粒子が膨潤しているために青色であり、光学濃度測定装置(X-Rite社製:X-Rite404)のCyanモードで測定したところ、光学濃度は2.0という高い値であった。このセルを実施例1と同様にCCDカメラにて撮影を行い、画像をPC上で処理したところ、基板上の高分子ゲル占有率は約90%であった。

【0081】次に、高分子ゲル粒子が固定化されている基板側の電極を陰極として、両ガラス電極間に5Vの直流電圧を印加すると、瞬時に高分子ゲル粒子が収縮し、光学濃度が0.3まで減少した。その後、消色反応とは逆極性の電圧を印加すると再び青色に変化し、発色・消色反応が可逆的に起こることを確認した。また、この可逆的な濃度変化は、50回以上安定して繰り返すことができた。

【0082】(実施例3) 顔料を含有した刺激応答性高分子ゲルを以下のように逆相懸濁重合によって製造した。主モノマーとしてアクリル酸2.0gをビーカーにとり、冷却して攪拌しつつ25重量%の水酸化ナトリウム水溶液33gを滴下して約74%の中和を行った後、過硫酸アンモニウム0.1gを2gの純水に溶解した溶液と、ゲル着色用の顔料としてカーボンブラック(昭和キャボット社製:ショウブラックN762)10.0gと、架橋剤であるメチレンビスアクリルアミド0.1gとを加え、十分に攪拌してエマルゲン909(花王(株)製)1gを添加し、均一な溶液を調製した。得られた溶液を、ビーカー中でシクロヘキサン5.0

0 gに分散安定剤であるソルビトール系界面活性剤（第一工業製薬製：ソルゲン50）5.0 gを溶解して窒素置換した溶液に添加し、回転式攪拌羽根を用いて1000回転で10分間高速攪拌して乳化させた。

【0083】次に、反応系の温度を25℃に調節し、溶液を攪拌しながらN, N, N', N'-テトラメチルエチレンジアミンの50%シクロヘキサン溶液を添加し、重合を行った。重合後、生成した着色高分子ゲル粒子を回収し、水酸化ナトリウム水溶液で中和反応を行った後に、純水で繰り返し洗浄を行い乾燥させた。得られた粒子を分級して、平均粒径が約4 μmの刺激応答性高分子ゲル粒子を得た。また、この着色高分子ゲル粒子の純水吸水量は約200 g/gであった。得られた乾燥高分子ゲル粒子4.0 gを200 gの蒸留水にて膨潤させた後、微量の酸を添加しpH5に調節した。この時の吸水量は、約160 g/gであった。この分散溶液をテフロン（登録商標）製バットに入れ、1-エチル-3-[3-(ジメチルアミノ)プロピル]カルボジイミド・塩酸塩(EDC・HCl)0.1 gを、溶液中に攪拌しながら添加し、高分子ゲル粒子分散溶液とした。

【0084】次に、刺激応答性高分子ゲル粒子の固定化のための基板の処理は、10×10 cmのネサガラス（旭硝子：U膜）をアセトンとイソプロピルアルコールでそれぞれ30分間の超音波洗浄を行った後、エタノール95%水溶液200 mlにγ-アミノプロピルトリエトキシシラン4 mlを攪拌下に加え調製した溶液中に、30分間浸漬させた。取り出した基板をメタノールで洗浄後、150℃のオーブン中にて1時間放置し、シラン層を硬化させた。シランカップリング処理した基板上に、前記高分子ゲル粒子分散溶液を均一に塗布した後、約10時間静置して固定化した。

【0085】次に、数個の200 μmのスペーサをネサガラス上の高分子ゲル間に配置し間隔を設けて、もう1枚のネサガラスでこの試料を挟持しセルとした。セル内部には0.001 mol/lの塩化ナトリウム水溶液を充填した。この状態では、セル内部の顔料は高分子ゲル粒子が膨潤しているために黒色であり、光学濃度測定装置（X-Rite社製：X-Rite 404）のVisualモードで測定したところ、光学濃度は1.8であった。この時でも、高分子ゲル粒子同士の応力等による高分子ゲル粒子の離脱・流動はみられず、安定に固定化できていた。このセルを顕微鏡にて550倍の倍率で観察した画像を、実施例1と同様にPC上で処理したところ、基板上の高分子ゲル占有率が約85%であった。

【0086】次に、高分子ゲル粒子が固定化されている基板側の電極を陰極として、両ネサガラス電極間に5 Vの直流電圧を印加すると、瞬時に高分子ゲル粒子が収縮し消色した。この時、光学濃度はおよそ0.4であった。その後、消色反応とは逆極性の電圧を印加すると再び黒色に変化し、発色・消色反応が可逆的に起こること

を確認した。また、この可逆的な濃度変化は、50回以上安定して繰り返すことができた。

【0087】（比較例1）実施例1と同様な方法で得られた、乾燥状態の光散乱部材含有高分子ゲル粒子3.0 gを、200 gの蒸留水で膨潤させたものを高分子ゲル分散溶液とした。溶媒温度を35℃に調節すると、この時の高分子ゲル粒子の吸水量は約11 g/gとなり、光散乱時の膨潤量の約78重量%小さい膨潤量であった。この分散溶液に、実施例1と同様な方法で処理したガラス基板を浸漬させ、35℃で10時間反応させることにより固定化を行った。

【0088】基板上の高分子ゲル粒子は、温度25℃における蒸留水中において膨潤状態であるが、膨潤時に生じた高分子ゲル粒子同士の応力のため、多量の高分子ゲル粒子の離脱が観察された。この基板を、顕微鏡にて550倍の倍率で観察した画像を実施例1と同様にPC上で処理したところ、基板上の高分子ゲル占有率は50%以下であった。この基板は、目視による観察においてもはっきりとムラが確認でき、良好な光散乱性能を示さなかった。これは、温度35℃の収縮状態で固定化したために、膨潤時に高分子ゲル粒子同志の応力で多量の高分子ゲル粒子の離脱が発生し、ゲルとゲルとの間に多くの隙間ができてしまったためである。

【0089】（比較例2）実施例2と同様な方法で得られた、乾燥状態の顔料含有高分子ゲル粒子3.0 gを、200 gの純水で膨潤させた後、塩化ナトリウムを添加し1.0 mol/lに調整した。この時の高分子ゲル粒子の吸水量は約70 g/gで、これは発色時の膨潤量の約65重量%小さい膨潤量であった。その後、1-エチル-3-[3-(ジメチルアミノ)プロピル]カルボジイミド・塩酸塩(EDC・HCl)0.1 gを、溶液中に攪拌しながら添加し、高分子ゲル粒子分散溶液とした。この高分子ゲル分散溶液に、実施例2と同様な方法でシランカップリング処理した基板を浸漬し、約10時間静置したものを固定化基板とした。

【0090】得られた高分子ゲル粒子固定化基板は、pH7の純水中において高分子ゲルが膨潤状態であるが、膨潤時に生じた高分子ゲル粒子同士の応力によって、多量の粒子の離脱が観察された。この基板を顕微鏡にて550倍の倍率で観察した画像を実施例1と同様にPC上で処理したところ、高分子ゲル粒子の間には多くの隙間が生じており、基板上の高分子ゲル占有率は50%以下であった。光学濃度測定装置（X-Rite社製：X-Rite 404）のVisualモードで測定したところ、光学濃度は約0.9であり、良好な発色特性は得られなかった。

【0091】（比較例3）実施例3と同様な方法で得られた、乾燥状態の顔料含有高分子ゲル粒子3.0 gを、200 gのpH7の純水で膨潤させたものを高分子ゲル分散溶液とした。この時の高分子ゲル粒子の吸水量は約

200 g/gであり、発色時の膨潤量と全く同じ膨潤量であった。この高分子ゲル分散溶液に、実施例2と同様な方法でシランカップリング処理した基板を浸漬させ、60℃で10時間反応させることにより固定化を行った。

【0092】基板上の高分子ゲル粒子は、pH7の純水中において膨潤状態であるが、発色時の膨潤量で基板上に固定化しているため、固定化時に高分子ゲル粒子間に生じる斥力、立体因子、膨潤溶液中の流動等により、高分子ゲルの間に隙間が生じ、高い占有率で固定化していなかった。この基板を、顕微鏡にて550倍の倍率で観察した画像を実施例1と同様にPC上で処理したところ、基板上の高分子ゲル占有率は60%以下であった。この基板は、目視による観察においても色ムラが確認でき、良好な発色状態を示していなかった。これは、高分子ゲル粒子を発色時の膨潤量で固定化したために、ゲルとゲルとの間に多くの隙間ができてしまったためである。

【0093】

【発明の効果】本発明によれば、膨潤・収縮を繰り返す刺激応答性高分子ゲルを用い、膨潤時の発色特性あるい

は光散乱特性に優れ、良好なコントラスト比が得られる光学素子及びその製造方法を提供することができる。更に、本発明によれば、膨潤・収縮を繰り返すことによる調光・発色状態の膨潤したゲルの分布ムラ（濃度ムラ）の増加を防止し、応答速度の低下という問題も改善することができる光学素子及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

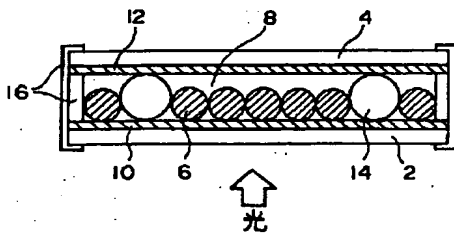
【図1】 本発明の光学素子の一例を示す概略断面図である。

【図2】 本発明の光学素子の一例を示す概略平面図である。

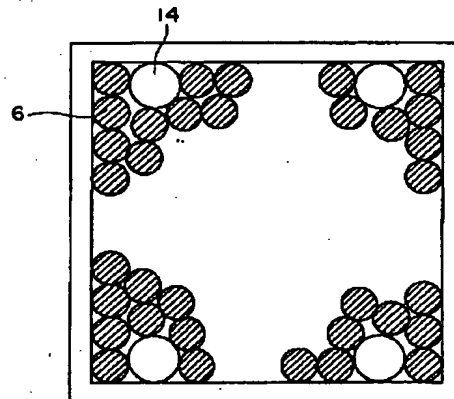
【符号の説明】

- 2 透明基板
- 4 透明基板
- 6 刺激応答性高分子ゲル
- 8 吸収可能な液体
- 10 刺激付与手段
- 12 刺激付与手段
- 14 スペース
- 16 封止材

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

G02B 5/02

識別記号

F I

G02B 5/02

テーマコード(参考)

B

(72)発明者 小村 晃雅

神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 植松 高志

神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 川原 淳

神奈川県南足柄市竹松1600番地 富士ゼロックス株式会社内

Fターム(参考) 2H042 AA15 AA26 BA02 BA11 BA13

BA15 BA20

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-350163

(43)Date of publication of application : 21.12.2001

(51)Int.Cl. G02F 1/17
C09K 3/00
G02B 1/04
G02B 1/06
G02B 5/00
G02B 5/02

(21)Application number : 2000-167133

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 05.06.2000

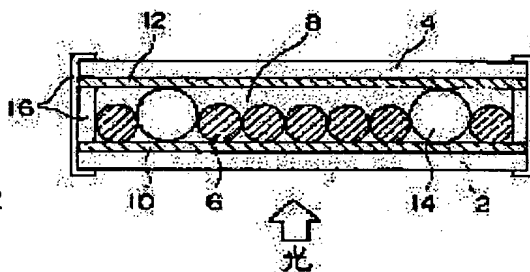
(72)Inventor : MORIYAMA MASAHIRO
AKASHI KAZUSHIROU
KOMURA AKIMASA
UEMATSU TAKASHI
KAWAHARA ATSUSHI

(54) OPTICAL ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical element excellent in color developing characteristics or light scattering characteristics in swelling and capable of obtaining excellent contrast ratio, and to provide a method for manufacturing the optical element.

SOLUTION: In the optical element consisting of at least a pair of substrates 2 and 4, stimulus responsive polymeric gels 6 and liquid 8 absorbable in the stimulus responsive polymeric gels 6, the rate of the area of the orthogonal projection onto the substrate 2 of all the stimulus responsive polymeric gels 6 fixed to the substrate 2 as a mono particle layer to the effective area of the substrate 2 contributing to light modulation is 70% or more during color developing or color scattering. In the method for manufacturing the optical element having at least a stage for fixing the stimulus responsive polymeric gels onto the substrate and a stage for filling the space between the substrates with the liquid absorbable in the stimulus responsive polymeric gels, the stimulus responsive polymeric gels are fixed onto the substrate with a swelling quantity smaller than the swelling quantity during light developing or light scattering.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]